DATA 4 LOMBARDIA S.p.A.

Piazza Eleonora Duse, 2 Milano (MI)

CAMPUS [MIL02] VITTUONE

RELAZIONE GEOTECNICA

REL 13030005PD0ARCREL23R0

10/10/2025

Rev. R0

Codice commessa 13030.005

Nome File: 13030005PD0ARCREL23R0_RelGeotecnica.docx

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Sede secondaria
DBA S.p.A.
Via Natale Battaglia, 10
20127, Milano
Italia
+39 0422693511
dbaprogetti@pec.dbagroup.it
www.dbagroup.it

Sede Legale
DBA S.p.A.
Santo Stefano di Cadore
32045, Santo Stefano di Cadore (BL)
Italia
+39 0422 693511
dbaprogetti@pec.dbagroup.it
www.dbagroup.it

Progetto:	DATA 4 LOMBARDIA S.p.A.
Indirizzo:	Piazza Eleonora Duse, 2 Milano (MI)
Titolo documento:	RELAZIONE GEOTECNICA
Codice documento:	13030005PD0ARCREL23R0
Nome file:	13030005PD0ARCREL23R0_RelGeotecnica.docx
Data revisione:	10/10/2025
Descrizione revisione:	Prima emissione
Numero commessa:	13030.005
Autore:	Elvis Barattin
Redatto da:	Antonio Polinelli
Controllato da:	Gianluca Bonadeo
Approvato da:	Daniele De Bettin

Diego Serafini
Ingegnere
03.11.2025
10:06:52
GMT+01:00

Storico revisioni:

REV.	RED.	CONTR.	APP.	DATA	DESCRIZIONE
0	POA	GBO	DDB	10/10/2025	PRIMA EMISSIONE

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

DBA S.p.A. Tutti diritti e relativo copyright sono riservati e di proprietà di DBA S.p.A. Questo documento è di proprietà di DBA S.p.A. e non può essere duplicato o pubblicato senza autorizzazione scritta in tutto o in parte o essere utilizzato per altri scopi differenti da quelli indicati

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

INDEX/INDICE/SOMMARIO

1 PREMESSA 5
2 RELAZIONE GEOTECNICA 6
2.1 Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche del sito 6
2.2 Descrizione generale della struttura e del tipo di intervento 8
2.3 Normativa tecnica di riferimento 10
2.4 Vita nominale e classe d'uso 11
2.5 Definizione dell'azione sismica di base 11
2.6 Valutazione del fattore di comportamento, regolarità e classi di duttilità 13
2.7 Condizioni e combinazioni di carico 18
2.7.1 Azione della neve 22
2.7.2 Azione del vento 23
2.7.3 Azione sismica 27
2.7.4 Condizioni e combinazioni di carico 29
3 MODELLO DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI E VERIFICHE GEOTECNICHE 36
3.1 Modellazione della struttura e risultati dell'analisi 36
3.2 Valutazione della capacità portante del terreno di fondazione (SLU-GEO) 41
3.3 Valutazione dei cedimenti attesi del terreno di fondazione (SLE-GEO) 43
4 Conclusioni 45

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

1 PREMESSA

La presente relazione viene redatta a corredo del progetto definitivo delle strutture relativo alla realizzazione di n.2 fabbricati ad uso datacenter da realizzarsi in Via Giovanni Pascoli, nel Comune di Vittuone (MI).

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

2 RELAZIONE GEOTECNICA

2.1 Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche del sito

Si riporta di seguito la foto aerea del sito oggetto di intervento, con l'indicazione del contesto circostante.

Figura 1: Inquadramento fotografico del sito di intervento.

L'area in esame è situata a Sud dell'abitato del Comune di Vittuone, in una zona pianeggiante scarsamente edificata posta ad una quota di circa 142,0 m sul livello del mare.

L'assetto morfologico del territorio è costituito da estese piane fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria, dove non si rilevano particolari evidenze morfologiche.

Dal punto di vista geologico, Il territorio di Vittuone è caratterizzato nei primi metri di sottosuolo, dalla presenza di depositi attribuibili alle più recenti espansioni glaciali ed in particolare all'Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio – Pleistocene superiore). Tale unità è rappresentata da depositi fluvioglaciali ad alta e bassa energia, costituiti da ghiaie poligeniche medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, talora clastico, con locale presenza di lenti di sabbie medio-fini, passanti a limi sabbiosi.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

La superficie di questi depositi è caratterizzata, anche se non uniformemente, dalla presenza di uno strato superficiale costituito da materiale di riporto antropico (circa 2,00 m di spessore), nella porzione di area occupata dall'ex stabilimento, mentre tale spessore di riporto non è presente nell'area "verde".

Successivamente ritroviamo una serie di livelli costituiti da sabbie e ghiaie in prevalenza con qualche ciottolo arrotondato di origine fluviale fino a circa 10-12 m.

A seguire è presente uno strato di sabbia debolmente ghiaiosa con una matrice limosa fino a -18/20 m e dai -20 metri fino a fine sondaggi (-30 m), è stato riscontrato un livello di sabbia media grossolana con una bassa percentuale di ghiaia sparsa. In due sondaggi tra 29 e 30 metri si è osservato un livello limoso argilloso grigio debolmente sabbioso.

La quota di falda nell'area di studio risulta pari a 135 m s.l.m., a cui corrisponde, tenuto conto della quota del piano campagna pari a 142 m s.l.m., una soggiacenza pari a 7 m da p.c

Nel caso in esame i parametri caratteristici sono stati definiti considerando il 5° percentile della distribuzione della media (curva di distribuzione di Student); tale valore caratteristico viene di norma utilizzato quando la superficie di rottura interessa un grande volume di terreno con compensazione delle eterogeneità o con rigidezza della struttura sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Per i terreni in corrispondenza dello strato da 0,0 a 9,0 m, ai fini delle verifiche geotecniche, sono stati assunti cautelativamente i seguenti valori:

Valori medi	Valori caratteristici
γ = 18 kN/m3	γ_k = 18 kN/m3
ø' = 37,0	ø'$_k$ = 35
C' = 0	C'$_k$ = 0
E_d = 83 Mpa	E_{dk} = 82 Mpa
D_r = 54	D_{rk} = 52

Per i terreni in corrispondenza dello strato da 9,0 a 18,0 m, ai fini delle verifiche geotecniche, sono stati assunti cautelativamente i seguenti valori:

Valori medi	Valori caratteristici
γ = 18 kN/m3	γ_k = 18 kN/m3
ø' = 38,0	ø'k = 36,8
C' = 0	C'$_k$ = 0
Ed = 193 Mpa	E_{dk} = 174,5 Mpa

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Dr = 57 D_{rk} = 54,20

Con riferimento alle caratteristiche del suolo che concorrono alla definizione dell'azione sismica, dall'analisi delle indagini effettuate si può affermare che il sito è caratterizzato da una **categoria di sottosuolo "C"** e da una **categoria topografica "T1"**.

2.2 Descrizione generale della struttura e del tipo di intervento

L'intervento consiste nella nuova costruzione di n.2 edifici ad uso datacenter denominati DC1-1 e DC1-2. La presente relazione è relativa al fabbricato DC1-1.

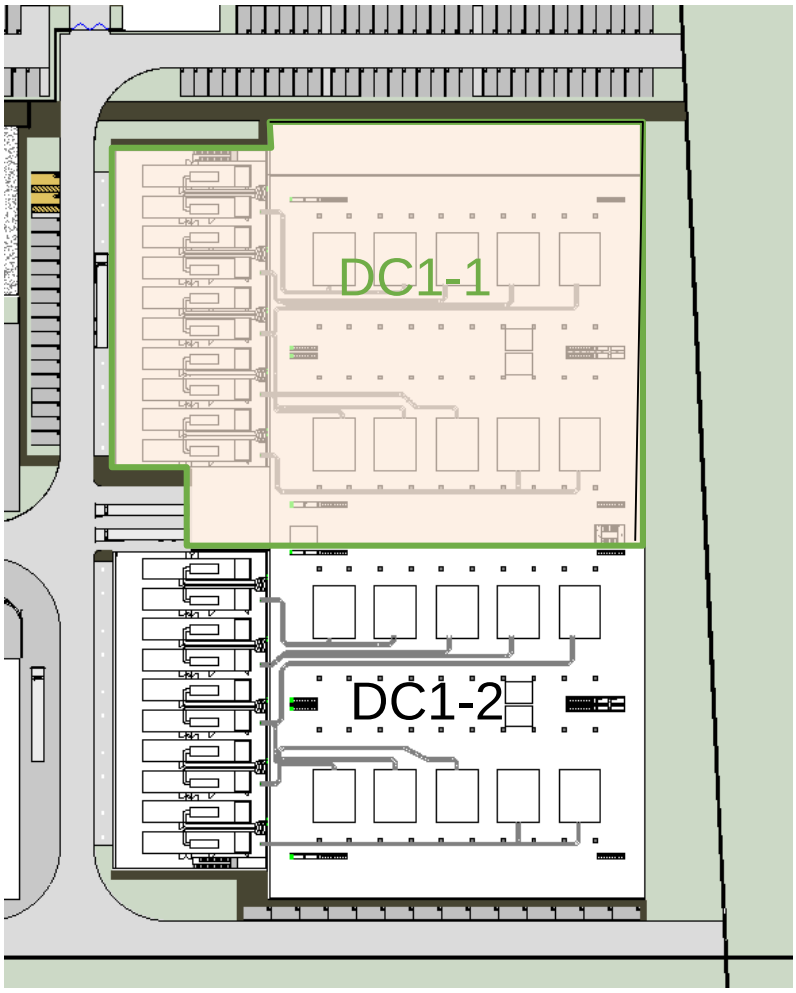


Figura 2: Planimetria delle opere in progetto.

Il corpo di fabbrica denominato DC1-1 presenta forma rettangolare in pianta avente dimensioni massime pari a circa 66,50 x 65,5 m ed altezza massima fuori terra pari a circa 15,20 m comprensiva dei tamponamenti. Il corpo di fabbrica ha consistenza di n.2 livelli fuori terra (piano terra e piano primo) adibiti a datacenter, più una copertura piana caratterizzata da una zona centrale impiantistica occupante un'area in pianta pari a circa 49,50 x 53,80 m a copertura della quale è presente una seconda area impiantistica denominata "chiller platform".

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Sul lato Nord dell'opera è presente una palazzina uffici strutturalmente connessa al fabbricato principale e occupante un'area in pianta pari a circa 50 x 9,60 m, altezza massima fuori terra pari a circa 12,60 m caratterizzata da n.2 livelli fuori terra (piano terra e piano primo) adibiti uffici più una copertura piana accessibile per sola manutenzione.

A servizio del fabbricato DC1-1 è previsto un primo corpo accessorio denominato "GE" avente forma rettangolare in pianta con dimensioni pari a circa 28,50 x 53,75 m, altezza massima fuori terra pari a circa 7,20 m e caratterizzato da n.1 livello fuori terra adibito a stoccaggio container più una copertura piana impiantistica. Sul perimetro del corpo di fabbrica sono previste mascherature in carpenteria metallica e pannelli fonoisolanti fino ad una quota pari a circa 13,30 m.

L'accesso alla copertura del locale "GE" è garantito da un vano scale esterno.

E' infine previsto un secondo fabbricato accessorio avente forma rettangolare in pianta con dimensioni massime pari a circa 14 x 14 m, altezza massima fuori terra pari a circa 15,20 m, costituito da un piano terra adibito a uffici e area stoccaggio e da un piano primo adibito a magazzino. La copertura risulta piana e accessibile per sola manutenzione.

I n.3 corpi di fabbrica risultano tra loro separati da giunti sismici di ampiezza pari a 10 cm.

E' infine presente un piano interrato comune a tutti i corpi di fabbrica accessibile per sola manutenzione.

Gli edifici sono realizzati con struttura portante in C.A. normale e precompresso, costituita da travi, pilastri e setti orditi nelle due direzioni ortogonali. Più precisamente, i corpi di fabbrica saranno realizzati con struttura prefabbricata in C.A., costituita da travi in C.A. precompresso collegate tramite un vincolo a cerniera a pilastri e setti in C.A. incastrati alla base (come previsto al punto 7.4.5.1 delle NTC).

Gli impalcati di piano del corpo principale e della palazzina uffici sono realizzati con solai prefabbricati a fondo piano tipo "Delfi" aventi spessore pari a 40 cm, completati da una soletta in c.a. collaborante avente spessore pari a 12 cm.

Gli impalcati di copertura del corpo principale e della palazzina uffici sono realizzati con solai prefabbricati a fondo piano tipo "Delfi" aventi spessore pari a 40 cm, completati da una soletta in c.a. collaborante avente spessore pari a 12 cm per il corpo principale e spessore pari a 6 cm per la palazzina uffici.

La copertura della "Chiller Platform" è costituita da travi principali in c.a.p. con sezione ad "I" di altezza pari a 120cm e da un'orditura secondaria costituita da travi metalliche in profili HEA220 posti a interasse di circa 2,10 m. Sul perimetro della copertura sono previste mascherature in carpenteria metallica e pannelli fonoisolanti per un'altezza totale pari a 6,0 m. E' inoltre presente una passerella di collegamento alla "Chiller Platform" del Fabbricato DC1-2 realizzata mediante travi principali in c.a.p. con sezione ad "I" di altezza pari a 120cm e da un'orditura secondaria costituita da travi metalliche in profili HEA220 posti a interasse di circa 2,10 m. L'appoggio delle travi principali sui pilastri del Fabbricato DC1-2 sarà di tipo scorrevole.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Gli impalcati di piano e di copertura del locale “GE” sono realizzati con solai prefabbricati a fondo piano tipo “Delfi” aventi spessore pari a 60 cm, completati da una soletta in c.a. collaborante avente spessore pari a 12 cm. In copertura è prevista una mascheratura perimetrale in carpenteria metallica e pannelli fonoisolanti per un’altezza totale pari a 6,0 m.

L’accesso alla copertura del locale “GE” è garantito da una scala metallica esterna compartimentata da un vano scale realizzato mediante pareti e copertura in c.a. in opera aventi spessore pari a 25 cm.

Gli impalcati di piano e di copertura del locale tecnico sono realizzati con solai prefabbricati alveolari aventi spessore pari a 30 cm, completati da una soletta in c.a. collaborante avente spessore pari a 6 cm.

Le travi in C.A. precompresso di piano e di copertura risultano fissate ai pilastri e ai setti mediante barre nervate in acciaio.

I pannelli perimetrali di tamponamento sono prefabbricati in c.a. di tipo orizzontale aventi spessore pari a 30 cm e risultano fissati ai pilastri perimetrali del fabbricato.

La struttura di fondazione è del tipo superficiale a platea in opera avente spessore pari a 50 cm, 100 cm e 150 cm differenziato a seconda delle esigenze strutturali, con innesti diretti per permettere il collegamento in continuità dei pilastri e dei setti prefabbricati della sovrastruttura.

Gli innesti dei pilastri e dei setti risultano costituiti da un sistema misto composto da tubi corrugati e da tirafondi predisposti nelle opere di fondazione e da scarpe e barre nervate predisposte negli elementi prefabbricati. Il giunto tra elementi prefabbricati in elevazione (pilastri e setti) e fondazione verrà infine riempito con malta a ritiro compensato tipo “Exocem G1” o malte di analoga prestazione.

2.3 Normativa tecnica di riferimento

Il dimensionamento della struttura è stato sviluppato nel rispetto delle normative elencate:

D.M. 17/01/2018	-	Norme tecniche per le costruzioni 2018;
Circolare 21 Gennaio 2019, n° 7	-	Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 Gennaio 2018;
UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1	-	Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio;
UNI EN 13224:2012	-	Prodotti prefabbricati di calcestruzzo – Elementi nervati per solai
UNI EN 13225:2013	-	Prodotti prefabbricati di calcestruzzo – Elementi strutturali lineari

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

UNI EN 14991:2007	-	Prodotti prefabbricati di calcestruzzo – Elementi da fondazione
UNI EN 14992:2012	-	Prodotti prefabbricati di calcestruzzo – Elementi da parete

2.4 Vita nominale e classe d'uso

Conformemente a quanto indicato al § 2.4.1 delle NTC - D.M. 17/01/2018, *la vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I.*

La costruzione rientra nel **Tipo 2** *"Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari "* per le quali è prevista una vita nominale $V_N \geq 50$ anni.

La costruzione appartiene alla **Classe IV:** "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente […]".

2.5 Definizione dell'azione sismica di base

Il calcolo dell'azione sismica è stato svolto per via automatica, mediante risoluzione di un modello numerico tridimensionale agli elementi finiti che ha consentito lo sviluppo di una analisi dinamica lineare senza condensazione delle componenti di spostamento di piano (mediante l'utilizzo del programma Enexsys Winstrand).

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito http://esse1.mi.ingv.it/. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

Localizzazione della struttura	
Località	Via Giovanni Pascoli, Vittuone
Comune	VITTUONE
Provincia	Milano
Regione	LOMBARDIA
Longitudine	8.9620 E

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Latitudine	45.4799 N

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

a_g: accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	50.0	2.0	100.0	C	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella.

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente S = Ss*St;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale;

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Si riportano di seguito i parametri del sito di riferimento per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e per lo Stato Limite di Danno (SLD).

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Spettro in accordo con TU 2018

- Vittuone MI Longitudine 8.9550 Latitudine 45.4867
- Tipo di Terreno C
- Coefficiente di amplificazione topografica (S_T) 1.0000
- Vita nominale della costruzione (V_N) 50.0 anni
- Classe d'uso IV coefficiente C_U 2.0
- Classe di duttilità impostata Non Dissipativa
- Fattore di duttilità α_u/α_1 per sisma orizzontale 1.00
- Fattore riduttivo regolarità in altezza K_R 1.00
- Fattore riduttivo per la presenza di setti K_W 1.00

TU 2018 SLV H

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 10.0 e periodo di ritorno (T_R) 949 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.16 [sec]
- T_C 0.47 [sec]
- T_D 1.80 [sec]
- a_g/g 0.0490
- F_o 2.7257
- T_C^* 0.3031

TU 2018 SLD H

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 63.0 e periodo di ritorno (T_R) 101 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.12 [sec]
- T_C 0.37 [sec]
- T_D 1.71 [sec]
- a_g/g 0.0268
- F_o 2.5934
- T_C^* 0.2098

2.6 Valutazione del fattore di comportamento, regolarità e classi di duttilità

In accordo con il § 7.2.2 del D.M. 17/01/2018 *le costruzioni soggette all'azione sismica, non dotate di appositi dispositivi d'isolamento e/o dissipativi, devono essere progettate in accordo con uno dei seguenti comportamenti strutturali:*

a) comportamento strutturale non dissipativo

oppure

b) comportamento strutturale dissipativo.

Per comportamento strutturale non dissipativo, nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico, la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite a cui ci si riferisce,

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico.

Per comportamento strutturale dissipativo, nella valutazione della domanda un numero elevato di membrature e/o collegamenti evolvono in campo plastico, mentre la restante parte della struttura rimane in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce e della tipologia strutturale, tenendo conto della capacità dissipativa legata alle non linearità di materiale. Se la capacità dissipativa è presa in conto implicitamente attraverso il fattore di comportamento q, si adotta un modello elastico; se la capacità dissipativa è presa in conto esplicitamente, si adotta un'adeguata legge costitutiva.

In accordo con il § 7.3.1 del D.M. 17/01/2018 *l'analisi lineare può essere utilizzata per calcolare la domanda sismica nel caso di comportamento strutturale sia non dissipativo sia dissipativo. In entrambi i casi, la domanda sismica è calcolata, quale che sia la modellazione utilizzata per l'azione sismica, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto, per ogni stato limite, assumendo per il fattore di comportamento q, i limiti riportati nella tabella 7.3.I con i valori del fattore di base q_0 riportati in Tab. 7.3.II.*

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, il valore del fattore di comportamento q, da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Le strutture possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente, utilizzando per ciascuna direzione il fattore di comportamento corrispondente.

Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{\lim} = q_0 \cdot K_R$$

dove:

- q_0 *è il valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in tabella 7.3.II in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente* λ *di cui al § 7.9.2.1 e del rapporto* α_u / α_1 *tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione; la scelta di* q_0 *deve essere esplicitamente giustificata;*
- K_R *è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.*

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Per le costruzioni regolari in pianta, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla sua valutazione, per il rapporto α_u/α_1, possono essere adottati i valori indicati nei paragrafi successivi per le diverse tipologie costruttive. Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono adottare valori di α_u/α_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

Il valore di q utilizzato per la componente verticale dell'azione sismica allo SLV, a meno di adeguate analisi giustificative, è di q=1,5 per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è q=1.

Per le strutture a comportamento strutturale non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND}, ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD"B" secondo l'espressione:

$$1 \le q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \le 1{,}5$$

Una costruzione a comportamento strutturale dissipativo deve essere progettata per conseguire una delle due Classi di Duttilità (CD):

- Classe di Duttilità Alta (CD"A"), a elevata capacità dissipativa;

- Classe di Duttilità Media (CD"B"), a media capacità dissipativa.

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni previste, in fase di progettazione, sia a livello locale sia a livello globale.

In funzione del livello di duttilità che si intende conseguire, variano sia le modalità di applicazione delle gerarchie delle resistenze, sia l'entità dell'azione sismica di progetto, regolata dal fattore di comportamento q. Nel caso specifico i calcoli sono stati svolti considerando una classe di duttilità media (CD"B")**,** viste le caratteristiche delle strutture stesse.

Nel caso specifico il calcolo delle azioni sismiche per il <u>fabbricato principale</u> può essere condotto con riferimento a quanto prescritto al § 7.4.5.1 delle NTC- D.M. 17/01/2018 per "*strutture miste equivalenti a pareti*", in classe di duttilità CD "B", in quanto risulta costituita da pilastri ai quali è affidata la resistenza alle azioni verticali e da pareti alle quali è affidata più del 50% dell'azione orizzontale. Per tali strutture il D.M. 17/01/2018 prevede (tabella 7.3.II) valori di q_0 pari a 3,0 (da moltiplicare poi per il coefficiente K_R a seconda del grado di regolarità della struttura in altezza).

La struttura in oggetto soddisfa i requisiti di regolarità in pianta, ma non soddisfa i requisiti di regolarità in altezza di cui al § 7.2.1 del D.M. 17/01/2018. Si precisa inoltre che la struttura soddisfa le condizioni di cui ai §§ 7.4.5.2 e 7.4.5.3 del D.M. 17/01/2018 relativi ai collegamenti.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Per quel che riguarda i collegamenti, a questa categoria di telai, tipica della tecnologia prefabbricata, si applicano le regole relative ai collegamenti di tipo "a", di cui al punto 7.4.5.2.1 delle NTC, mentre il vincolo di base dei pilastri deve realizzare un incastro totale con la fondazione,

dimensionato con le regole relative ai collegamenti di tipo "b" di cui al punto 7.4.5.2.1 delle NTC.

Tutto quanto detto e constatato, si procede al calcolo del fattore di comportamento del fabbricato principale, come descritto in precedenza:

$$\boldsymbol{q = q_0 \cdot k_R = 3,0 \cdot 0,8 = 2,4}$$

<u>In accordo con il § 7.7.3 del D.M. 17/01/2018 la struttura è stata considerata ***non dissipativa.***</u>

Al § 7.3.1 del D.M. 17/01/2018 viene specificato che *per le strutture a comportamento non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND} ridotto rispetto al valore minimo relativo all CD"B" secondo l'espressione*:

$$1 \le q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \le 1,5$$

Per il caso in esame i limiti di cui sopra si traducono in:

$$1 \le q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} = 1,6 \le 1,5$$

Il calcolo delle azioni sismiche per il <u>fabbricato "GE"</u> può essere condotto con riferimento a quanto prescritto al § 7.4.5.1 delle NTC- D.M. 17/01/2018 per "*costruzioni con struttura prefabbricata con pilastri incastrati alla base ed orizzontamenti ad essi incernierati*", in classe di duttilità CD "B", in quanto risulta costituita da travi in c.a. precompresso collegate tramite un vincolo a cerniera a pilastri in c.a. incastrati alla base. Per tali strutture il D.M. 17/01/2018 prevede (tabella 7.3.II) valori di q_0 pari a 2,5 (da moltiplicare poi per il coefficiente K_R a seconda del grado di regolarità della struttura in altezza).

La struttura in oggetto soddisfa i requisiti di regolarità in pianta e in altezza di cui al § 7.2.1 del D.M. 17/01/2018. Si precisa inoltre che la struttura soddisfa le condizioni di cui ai §§ 7.4.5.2 e 7.4.5.3 del D.M. 17/01/2018 relativi ai collegamenti.

Per quel che riguarda i collegamenti, a questa categoria di telai, tipica della tecnologia prefabbricata, si applicano le regole relative ai collegamenti di tipo "a", di cui al punto 7.4.5.2.1 delle NTC, mentre il vincolo di base dei pilastri deve realizzare un incastro totale con la fondazione,

dimensionato con le regole relative ai collegamenti di tipo "b" di cui al punto 7.4.5.2.1 delle NTC.

Tutto quanto detto e constatato, si procede al calcolo del fattore di comportamento del fabbricato "GE", come descritto in precedenza:

$$\boldsymbol{q = q_0 \cdot k_R = 2,5 \cdot 1,0 = 2,5}$$

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

In accordo con il § 7.7.3 del D.M. 17/01/2018 la struttura è stata considerata ***non dissipativa.***

Al § 7.3.1 del D.M. 17/01/2018 viene specificato che *per le strutture a comportamento non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND} ridotto rispetto al valore minimo relativo all CD"B" secondo l'espressione*:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

Per il caso in esame i limiti di cui sopra si traducono in:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} = 1,66 \leq 1,5$$

Il dimensionamento delle opere in progetto verrà condotto con riferimento a un comportamento strutturale NON DISSIPATIVO adottando un fattore di comportamento pari a q=1,50.

Secondo quanto riportato al §7.4.1 del D.M. 17/01/2018, *nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature deve essere valutata in accordo con le regole di cui al §4.1, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, così come definito al § 4.1.2.3.4.2.*

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

2.7 Condizioni e combinazioni di carico

Il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di resistenza e deformabilità vengono condotte con riferimento alla seguente analisi dei carichi:

Analisi dei carichi Piano Terra fabbricato DC1

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. E)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=2.000,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Piano Primo fabbricato DC1

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. E)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=1.200,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Copertura fabbricato DC1 | Area container

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. E)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=730,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=400,00 daN/m^2

In quest'area devono essere previsti dei carichi concentrati di 60kN. E' il peso del serbatoio d'acqua. Controllare nella tavole degli impianti meccanici la posizione.

Analisi dei carichi Copertura fabbricato DC1 | Corridoi Orizzontali

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. E)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=300,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Copertura fabbricato DC1 | Aree Est-Ovest

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. E)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=1.490,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=300,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Piano Terra Palazzina Uffici

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. B)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=360,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. B) Q_k=300,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Piano Primo Palazzina Uffici

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. B)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=560,00 daN/m^2

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

d) Sovraccarichi variabili (Cat. B) Q_k=300,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Copertura Palazzina Uffici

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=40 cm + soletta in c.a. h = 6 cm - (Neve)

a) Peso proprio solaio G_1=280,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 6 cm) G_1=150,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=250,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Neve) Q_k=400,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Piano Terra Locale GE

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=60 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Cat. E)

a) Peso proprio solaio G_1=340,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=2.000,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Copertura Locale GE

Solaio fondo piano tipo "Delfi" H=60 cm + soletta in c.a. h = 12 cm - (Neve)

a) Peso proprio solaio G_1=340,00 daN/m^2
b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 12 cm) G_1=300,00 daN/m^2
c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2
d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=1.800,00 daN/m^2
e) Sovraccarichi variabili (Neve) Q_k=120,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Piano Terra "Locale Tecnico"

Solaio alveolare H=30 cm + soletta in c.a. h = 6 cm - (Cat.E)

a) Peso proprio solaio G_1=300,00 daN/m^2

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 6 cm) G_1=150,00 daN/m^2

c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2

d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=2.000,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Piano Primo "Locale Tecnico"

Solaio alveolare H=30 cm + soletta in c.a. h = 6 cm - (Cat.E)

a) Peso proprio solaio G_1=300,00 daN/m^2

b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 6 cm) G_1=150,00 daN/m^2

c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=610,00 daN/m^2

d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=1.200,00 daN/m^2

Analisi dei carichi Copertura "Locale Tecnico"

Solaio alveolare H=30 cm + soletta in c.a. h = 6 cm - (Cat.E)

a) Peso proprio solaio G_1=300,00 daN/m^2

b) Sovraccarichi permanenti G_1 (soletta integrativa in c.a. sp. 6 cm) G_1=150,00 daN/m^2

c) Sovraccarichi permanenti G_2 G_2=360,00 daN/m^2

d) Sovraccarichi variabili (Cat. E) Q_k=300,00 daN/m^2

È stata inoltre presa in considerazione la presenza dei pannelli prefabbricati di tamponamento in termini di peso e di massa sismica in ragione di un'incidenza pari a 400,00 daN/m^2.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

2.7.1 Azione della neve

Si riporta di seguito il calcolo dell'azione della neve agente sulle strutture.

Neve per coperture:

Località: Vittuone

Comune: Vittuone

Provincia: Milano

Regione: LOMBARDIA

Altitudine s.l.m.: 142 m < 200 m

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.4

Zona Neve = I Mediterranea

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo (qsk Ce) = 150 daN/mq

Coperture piane:

Angolo di inclinazione della falda = <10°

$\mu 1(\alpha 1)$ = 0,80

q_{Sd} = 120 daN/m^2

Accumulo per copertura palazzina uffici:

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Coefficiente di forma (copertura adiacenti o vicine a costruzioni più alte)

b_1 [m]	127
b_2 [m]	9,55
h [m]	2,85
α [°]	0

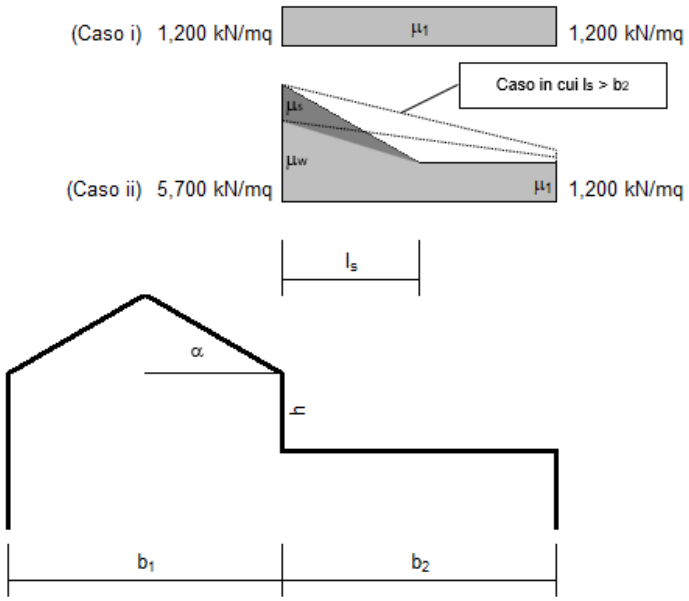
l_s [m]	5,7
μ_1	0,8

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

μ_s	0

$\mu_w = (b_1+b_2)/2h \leq \gamma h/q_{sk}$

$(b_1+b_2)/2h$	23,956	
$\gamma h/q_{sk}$	3,800	
μ_w	3,800	$(0,8 \leq \mu_w \leq 4,0)$
μ_2	3,800	



Sulla copertura della palazzina uffici si applica un carico neve variabile da 570 daN/mq a 120 daN/mq su di un'area avente larghezza pari a l_s = 5,70 m, che viene equiparato ad un carico distribuito di 400kN/mq

2.7.2 Azione del vento

Il calcolo dell'azione del vento, a meno del coefficiente di pressione c_p, viene condotto in accordo a quanto riportato al § 3.3 del D.M. 17/01/2018, con l'ausilio di un foglio di calcolo:

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	25	1000	0,01
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			142
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \le a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \le 1500$ m			
v_b (T_R = 50 [m/s])			25,000
α_R (T_R)			1,00073
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s])			25,018

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$

q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

c_d (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ (ρ = 1,25 kg/mc)

q_b [N/mq]	391,20

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

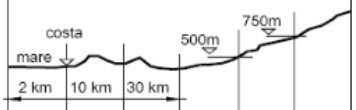
Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5

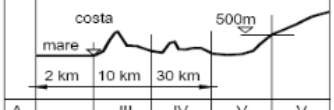


A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

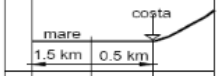
** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

ZONA 6



A	- -	III	IV	V	V
B	- -	II	III	IV	IV
C	- -	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8



A	- -	- -	IV
B	- -	- -	IV
C	- -	- -	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

ZONA 9

A	- -	I
B	- -	I
C	- -	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
1	C	142

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0)\,[7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \ge z_{min}$

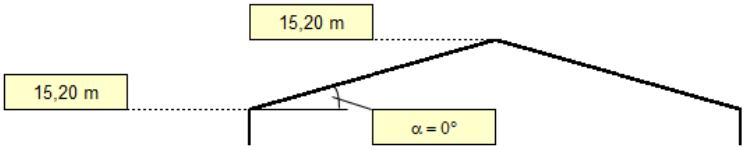
$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
III	0,2	0,1	5	1

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

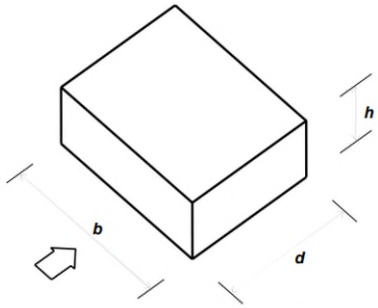
Azione del vento sul fabbricato principale

z [m]	c_e
z ≤ 5	1,708
z = 15,2	2,416
z = 15,2	2,416



La pressione del vento, a meno del coefficiente di forma, risulta pari a **945,0 N/mq (94,5 daN/mq)**.

Il calcolo dei coefficienti di pressione aerodinamica globali C_{pe} viene condotto secondo quanto riportato al § C3.3.8.1.1 della Circolare n. 7 del 21/01/2019 ed utilizzando le formulazioni riportate in tabella C3.3.I:



Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

Faccia sopravento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
h/d ≤ 1: c_{pe}= 0,7 + 0,1·h/d	h/d ≤ 0,5: c_{pe}= -0,5 - -0,8·h/d	h/d ≤ 1: c_{pe}= -0,3 - 0,2·h/d
h/d > 1: c_{pe}= 0,8	h/d > 0,5: c_{pe}= -0,9	1 < h/d ≤ 5: c_{pe}= -0,5 -0,05·(h/d-1)

Si riporta a seguire il calcolo dei coefficienti di pressione aerodinamica globali C_{pe}:

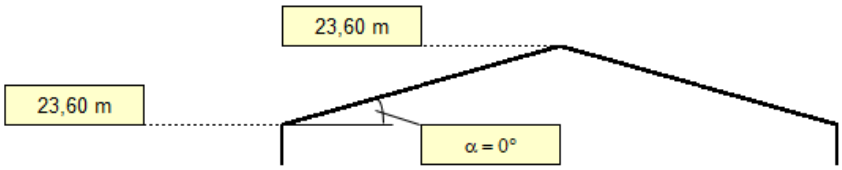
Adottando, per semplicità di trattazione ed in favore di sicurezza, il medesimo rapporto h/d=0,232 per entrambe le direzioni di ingresso del vento, si ottengono le seguenti pressioni del vento:

Condizione sopravento: c_{pe} = + 0,723 → **p = +66 daN/mq**;

Condizione sottovento: c_{pe} = - 0,346 → **p = -33 daN/mq**.

Azione del vento sulla mascheratura “Chiller Platform”

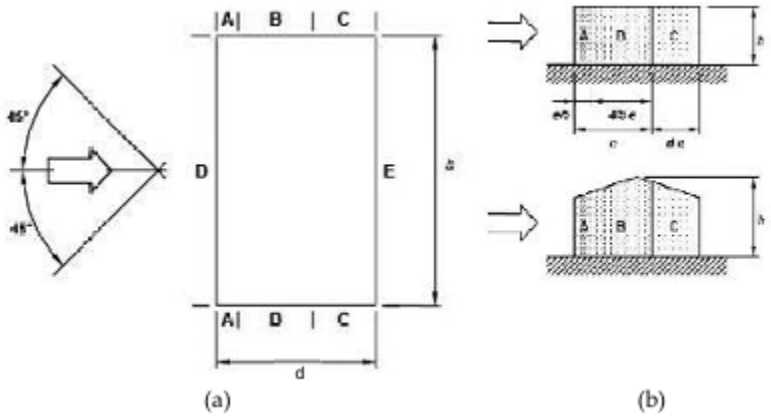
z [m]	c_e
z ≤ 5	1,708
z = 23,6	2,724
z = 23,6	2,724



PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

La pressione del vento, a meno del coefficiente di forma, risulta pari a **1065,6 N/mq (106,6 daN/mq)**.

Il calcolo del coefficiente di pressione aerodinamica globali C_{pe} viene condotto secondo quanto riportato al § C3.3.8.1.1 della Circolare n. 7 del 21/01/2019 per la zona A di cui alla Tabella C3.3.II:



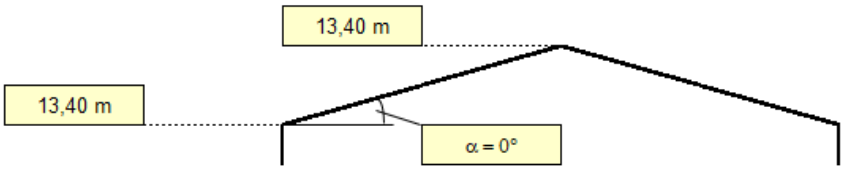
Zona	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

La pressione del vento agente sulla mascheratura risulta pertanto pari a:

$c_{pe,10}$ = +/- 1,20 → **p = +/- 128 daN/mq**.

<u>Azione del vento sulla mascheratura "GE"</u>

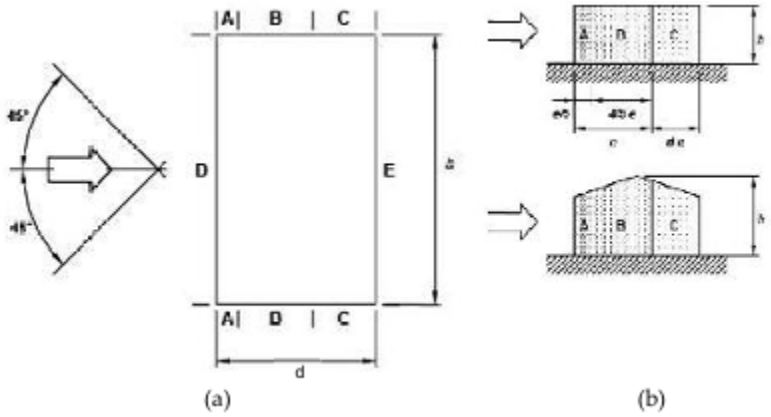
z [m]	c_e
z ≤ 5	1,708
z = 13,4	2,331
z = 13,4	2,331



La pressione del vento, a meno del coefficiente di forma, risulta pari a **911,9 N/mq (91,2 daN/mq)**.

Il calcolo del coefficiente di pressione aerodinamica globali C_{pe} viene condotto secondo quanto riportato al § C3.3.8.1.1 della Circolare n. 7 del 21/01/2019 per la zona A di cui alla Tabella C3.3.II:

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.



Zona	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

La pressione del vento agente sulla mascheratura risulta pertanto pari a:

<u>Condizione sopravento</u>: $c_{pe,10}$ = +/- 1,20 → **p = +109 daN/mq**.

2.7.3 Azione sismica

Si riportano in seguito, gli spettri di risposta per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (valutato con il fattore di comportamento q definito precedentemente) e per lo Stato Limite di Danno.

Si precisa che, in accordo al § 7.2.2 delle NTC, gli effetti della componente verticale dell'azione sismica per gli elementi precompressi, sono stati tenuti in considerazione attraverso modelli parziali di calcolo.

<u>Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV orizzontale)</u>

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 10.0 e periodo di ritorno (T_R) 949 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.16 [sec]
- T_C 0.47 [sec]
- T_D 1.80 [sec]
- a_g/g 0.0490
- F_o 2.7257
- T_C^* 0.3031

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

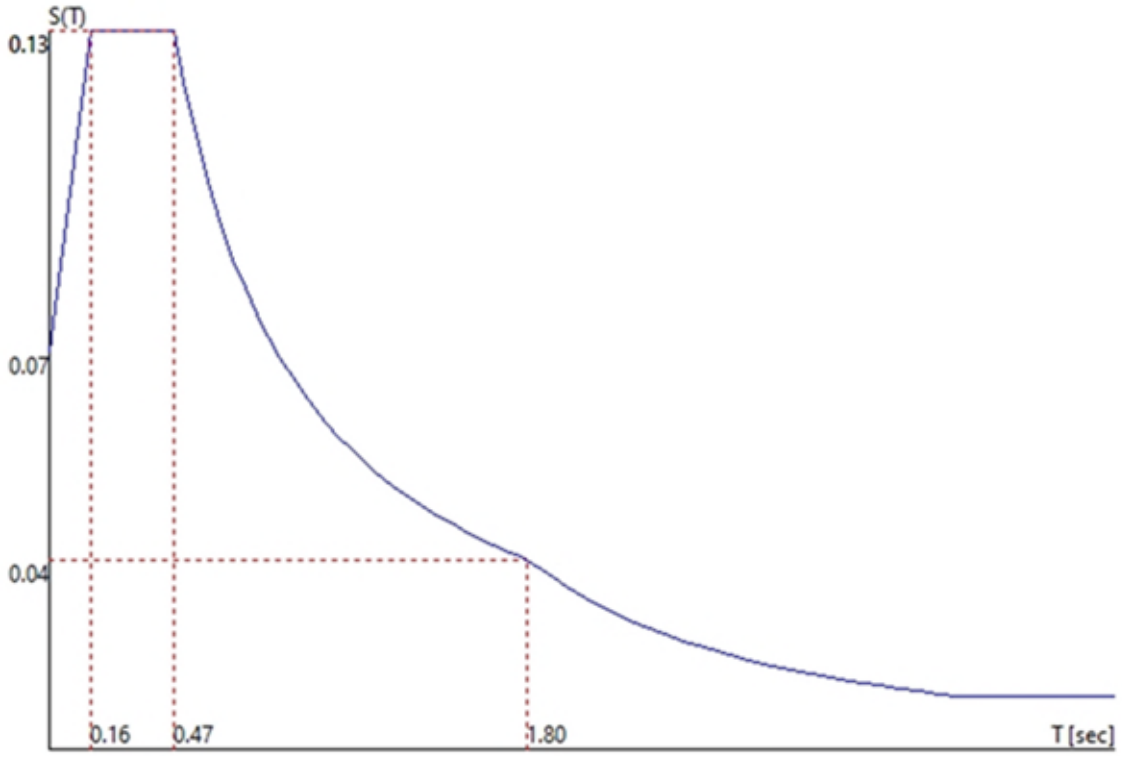


Figura 3: Spettro di risposta relativo allo SLV H (TU 2018) – q=1,50.

Stato Limite di Danno (SLD orizzontale)

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 63.0 e periodo di ritorno (T_R) 101 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.12 [sec]
- T_C 0.37 [sec]
- T_D 1.71 [sec]
- a_g/g 0.0268
- F_o 2.5934
- T_C^* 0.2098

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

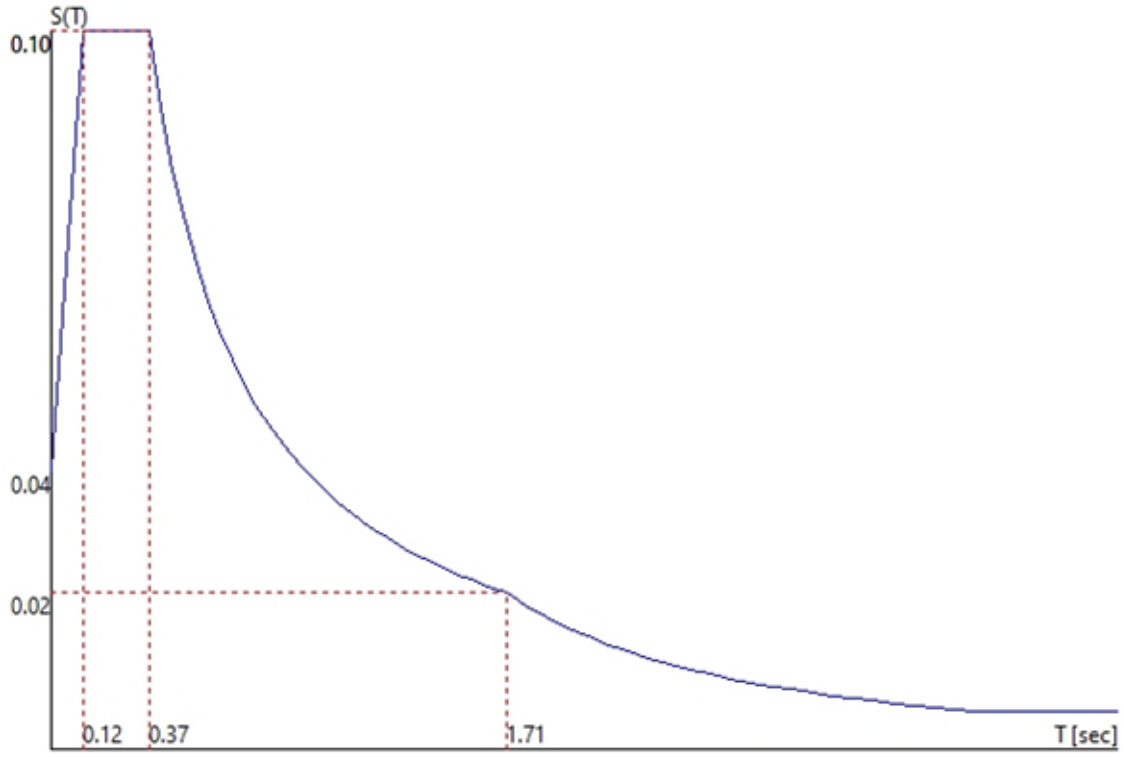


Figura 4: Spettro di risposta relativo allo SLD H (TU 2018).

2.7.4 Condizioni e combinazioni di carico

Condizioni di carico

Le condizioni di carico previste comprendono, con riferimento al fattore di partecipazione all'azione sismica:

1) Peso proprio - *Fattore di partecipazione = 1;*
2) Carichi permanenti G1 - *Fattore di partecipazione = 1;*
3) Carichi permanenti G2 - *Fattore di partecipazione = 1;*
4) Carichi variabili (Cat.E) - *Fattore di partecipazione = 0,8;*
5) Carichi variabili (Cat.B) - *Fattore di partecipazione = 0,3;*
6) Carichi variabili (Neve) - *Fattore di partecipazione = 0,0;*
7) Carichi aggiuntivi (per tenere in conto dei carichi statici dei tamponamenti sulle fondazioni) - *Fattore di partecipazione = 0,0;*
8) Masse aggiuntive (per tenere in conto le masse dei tamponamenti, i quali non gravano altresì sui pilastri) - *Fattore di partecipazione = 1;*
9) Carichi variabili (Vento +X) - *Fattore di partecipazione = 0;*
10) Carichi variabili (Vento -X) - *Fattore di partecipazione = 0;*
11) Carichi variabili (Vento +Y) - *Fattore di partecipazione = 0;*
12) Carichi variabili (Vento -Y) - *Fattore di partecipazione = 0;*
13)-20) Condizioni sismiche SLV;

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

21)-28) Condizioni sismiche SLD.

Condizioni di carico definite:

Condizione	
1	Peso Proprio
2	Permanenti G1
3	Permanenti G2
4	Variabili CatE
5	Variabili CatB
6	Variabili Neve
7	Tamponamenti Peso
8	Tamponamenti Massa
9	Vento +X
10	Vento -X
11	Vento +Y
12	Vento -Y
13	Sisma 0
14	Sisma 0
15	Sisma 90
16	Sisma 90
17	Sisma 180
18	Sisma 180
19	Sisma 270
20	Sisma 270
21	Sisma 0
22	Sisma 0
23	Sisma 90
24	Sisma 90
25	Sisma 180
26	Sisma 180
27	Sisma 270
28	Sisma 270

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Combinazione di carico numero

1	SLU Variabili CatE
2	SLU Variabili CatB
3	SLU Variabili Neve
4	SLU Vento +X
5	SLU Vento -X
6	SLU Vento +Y
7	SLU Vento -Y

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
1	1.3	1.3	1.5	1.5	1.05	0.75	1.3				
2	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	0.75	1.3				
3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.05	1.5	1.3				
4	1.3	1.3	1.5	1.5	1.05	0.75	1.3	1.5			
5	1.3	1.3	1.5	1.5	1.05	0.75	1.3		1.5		
6	1.3	1.3	1.5	1.5	1.05	0.75	1.3			1.5	
7	1.3	1.3	1.5	1.5	1.05	0.75	1.3				1.5

Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Combinazione di carico numero

8	SLV 0+ / 90+
9	SLV 0+ / 270+
10	SLV 0- / 90-
11	SLV 0- / 270-
12	SLV 90+ / 0+
13	SLV 90+ / 180+
14	SLV 90- / 0-
15	SLV 90- / 180-
16	SLV 180+ / 90+
17	SLV 180+ / 270+
18	SLV 180- / 90-
19	SLV 180- / 270-
20	SLV 270+ / 0+

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Combinazione di carico numero

21	SLV 270+ / 180+
22	SLV 270- / 0-
23	SLV 270- / 180-

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	7	13	14	15	16	17	18	19	20
8	1	1	1	0.8	0.3	1	1		0.3					
9	1	1	1	0.8	0.3	1	1						0.3	
10	1	1	1	0.8	0.3	1		1		0.3				
11	1	1	1	0.8	0.3	1		1						0.3
12	1	1	1	0.8	0.3	1	0.3		1					
13	1	1	1	0.8	0.3	1			1		0.3			
14	1	1	1	0.8	0.3	1		0.3		1				
15	1	1	1	0.8	0.3	1				1		0.3		
16	1	1	1	0.8	0.3	1			0.3		1			
17	1	1	1	0.8	0.3	1					1		0.3	
18	1	1	1	0.8	0.3	1				0.3		1		
19	1	1	1	0.8	0.3	1						1		0.3
20	1	1	1	0.8	0.3	1	0.3						1	
21	1	1	1	0.8	0.3	1					0.3		1	
22	1	1	1	0.8	0.3	1		0.3						1
23	1	1	1	0.8	0.3	1						0.3		1

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

24	Rare Variabili CatE
25	Rare Variabili CatB
26	Rare Variabili Neve
27	Rare Vento +X
28	Rare Vento -X
29	Rare Vento +Y
30	Rare Vento -Y

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
24	1	1	1	1	0.7	0.5	1				
25	1	1	1	1	1	0.5	1				
26	1	1	1	1	0.7	1	1				
27	1	1	1	1	0.7	0.5	1	1			
28	1	1	1	1	0.7	0.5	1		1		
29	1	1	1	1	0.7	0.5	1			1	
30	1	1	1	1	0.7	0.5	1				1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
31	Freq Variabili CatE
32	Freq Variabili CatB
33	Freq Variabili Neve
34	Freq Vento +X
35	Freq Vento -X
36	Freq Vento +Y
37	Freq Vento -Y

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
31	1	1	1	0.9	0.3		1				
32	1	1	1	0.8	0.5		1				
33	1	1	1	0.8	0.3	0.2	1				
34	1	1	1	0.8	0.3		1	0.2			
35	1	1	1	0.8	0.3		1		0.2		
36	1	1	1	0.8	0.3		1			0.2	
37	1	1	1	0.8	0.3		1				0.2

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
38	Q.P. Variabili CatE

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	7
38	1	1	1	0.8	0.3	1

Combinazioni agli Stati Limite di Danno

Combinazione di carico numero	
39	SLD 0+ / 90+
40	SLD 0+ / 270+
41	SLD 0- / 90-
42	SLD 0- / 270-
43	SLD 90+ / 0+
44	SLD 90+ / 180+
45	SLD 90- / 0-
46	SLD 90- / 180-
47	SLD 180+ / 90+
48	SLD 180+ / 270+
49	SLD 180- / 90-
50	SLD 180- / 270-
51	SLD 270+ / 0+
52	SLD 270+ / 180+
53	SLD 270- / 0-
54	SLD 270- / 180-

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	7	21	22	23	24	25	26	27	28
39	1	1	1	0.8	0.3	1	1		0.3					
40	1	1	1	0.8	0.3	1	1						0.3	
41	1	1	1	0.8	0.3	1		1		0.3				
42	1	1	1	0.8	0.3	1		1						0.3
43	1	1	1	0.8	0.3	1	0.3		1					
44	1	1	1	0.8	0.3	1			1		0.3			
45	1	1	1	0.8	0.3	1		0.3		1				
46	1	1	1	0.8	0.3	1				1		0.3		
47	1	1	1	0.8	0.3	1			0.3		1			
48	1	1	1	0.8	0.3	1					1		0.3	

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

49	1	1	1	0.8	0.3	1				0.3		1		
50	1	1	1	0.8	0.3	1						1		0.3
51	1	1	1	0.8	0.3	1	0.3						1	
52	1	1	1	0.8	0.3	1					0.3		1	
53	1	1	1	0.8	0.3	1		0.3						1
54	1	1	1	0.8	0.3	1						0.3		1

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

3 MODELLO DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI E VERIFICHE GEOTECNICHE

3.1 Modellazione della struttura e risultati dell'analisi

Il codice di calcolo adottato è Enexsys Winstrand prodotto dalla En.Ex.Sys. s.r.l. di Casalecchio di Reno (BO) con licenza n. 8846PRZZNT. Per le caratteristiche del programma e i dettagli sulla modellazione delle strutture si rimanda ai successivi punti della presente relazione.

Come richiesto al §10.2 del D.M. 17/01/2018, si precisa che l'attendibilità del programma di calcolo è stata accertata dal progettista tramite prove e confronti di massima, per la cui visione si rimanda al seguito della presente relazione; si può quindi affermare che tale codice fornisce risultati corretti e congruenti.

Nelle seguenti figure viene rappresentato il modello tridimensionale agli elementi finiti sviluppato mediante elaboratore, nonché gli schemi statici e i principali stati di deformazione e di sollecitazione degli elementi strutturali.

Si precisa che si è proceduto allo sviluppo di un unico modello di calcolo comprensivo di tutti i corpi di fabbrica in progetto al fine di valutare correttamente le azioni trasmesse alle opere di fondazione.

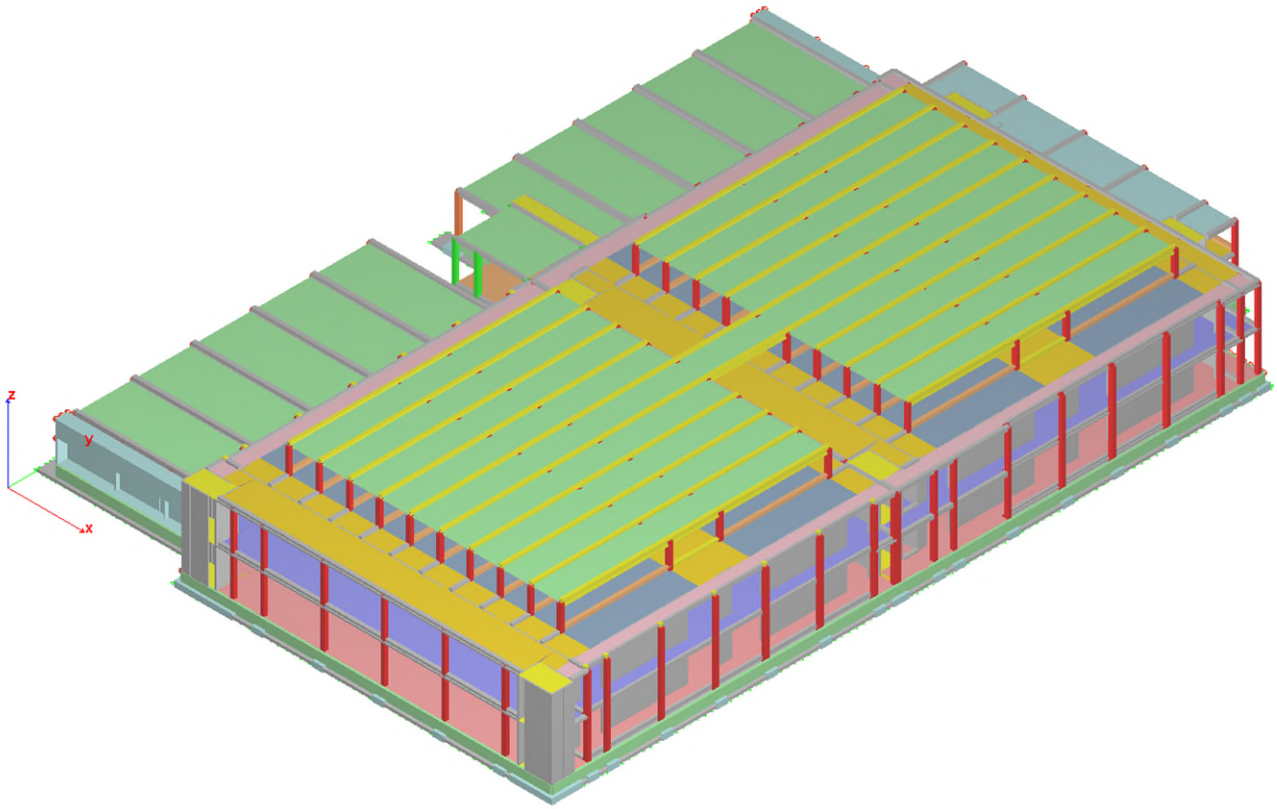


Figura 5: Modello tridimensionale agli elementi finiti (Vista solida 1).

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

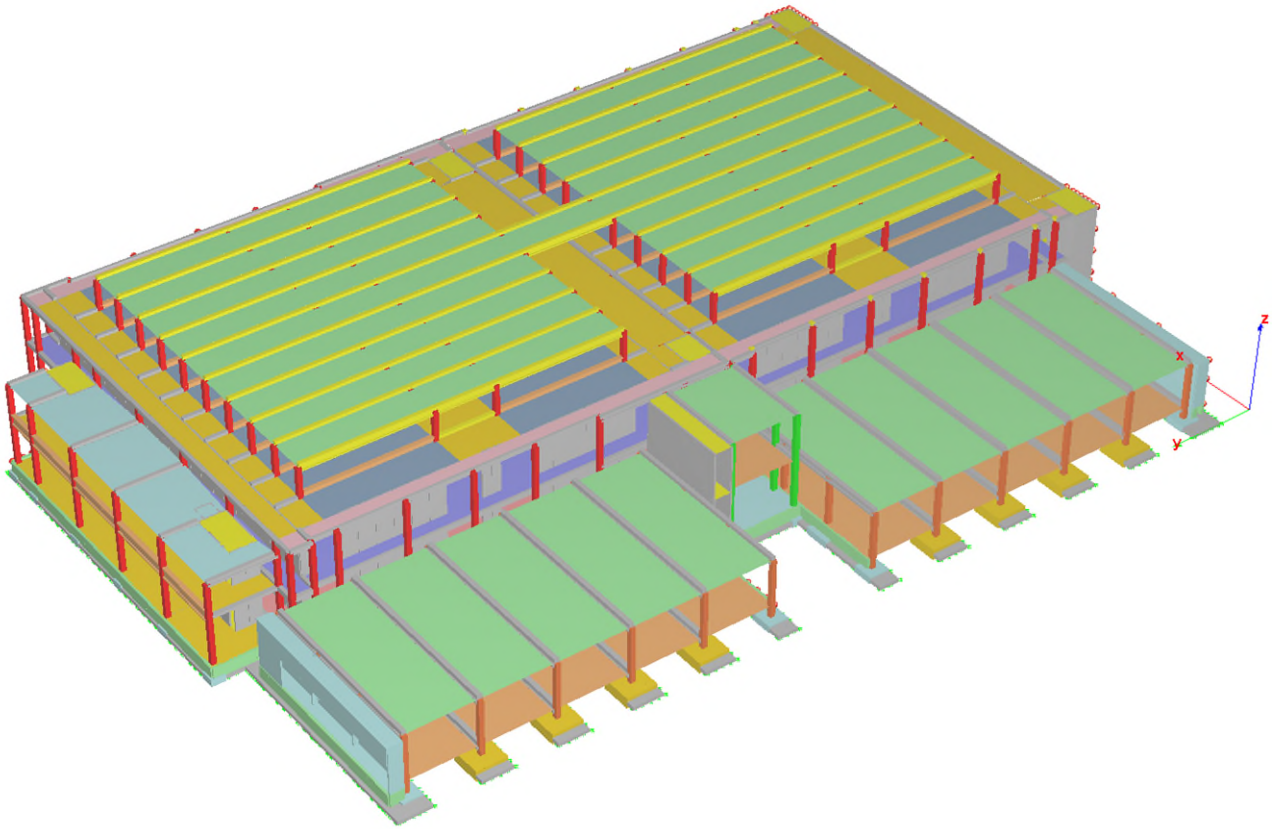


Figura 6: Modello tridimensionale agli elementi finiti (Vista solida 2).

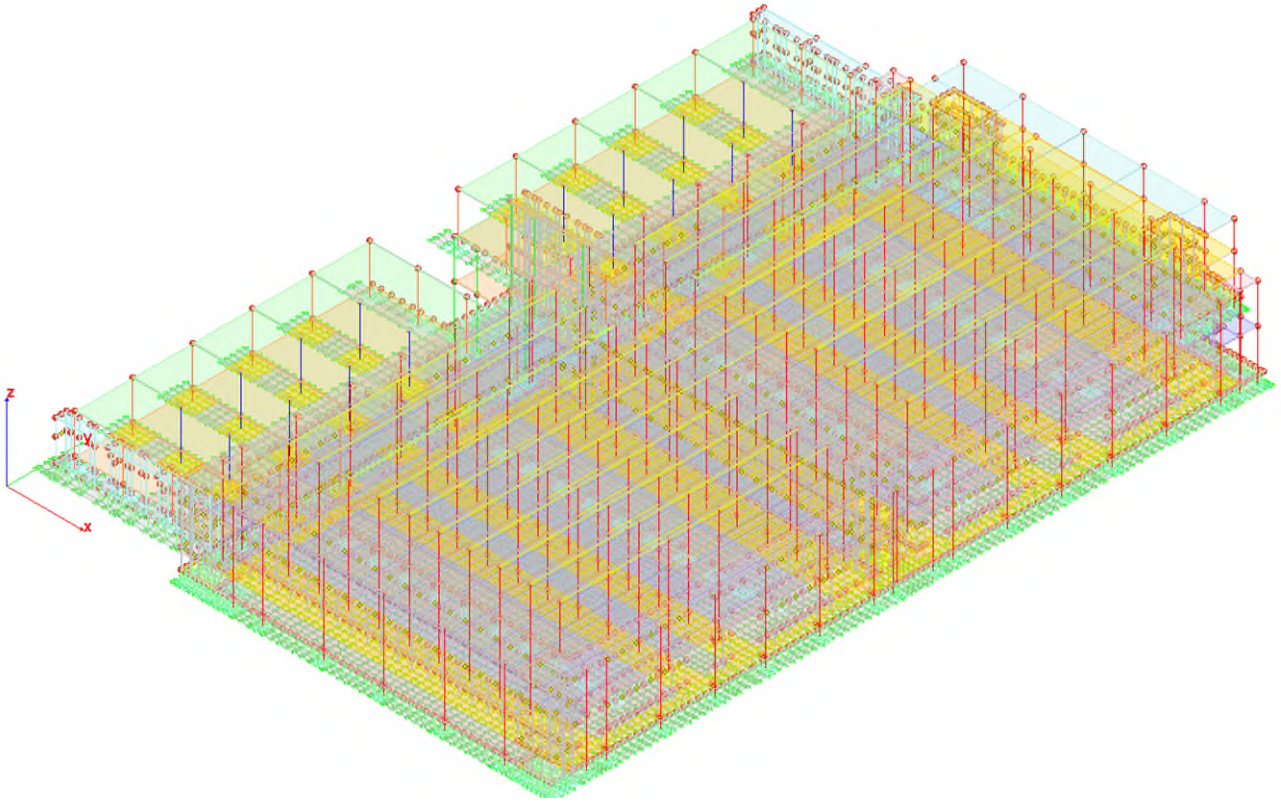


Figura 7: Modello tridimensionale agli elementi finiti (Vista unifilare globale).

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

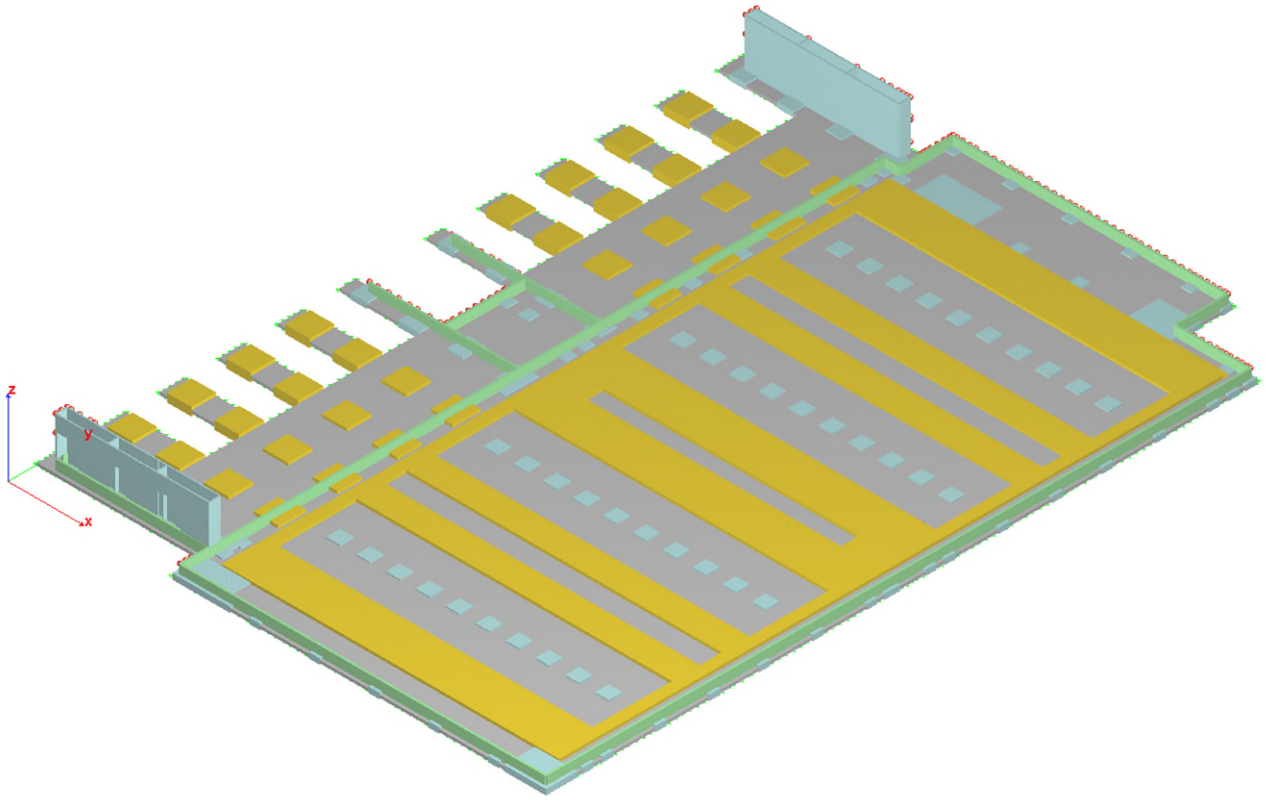


Figura 8: Modello tridimensionale agli elementi finiti (Vista unifilare strutture in opera).

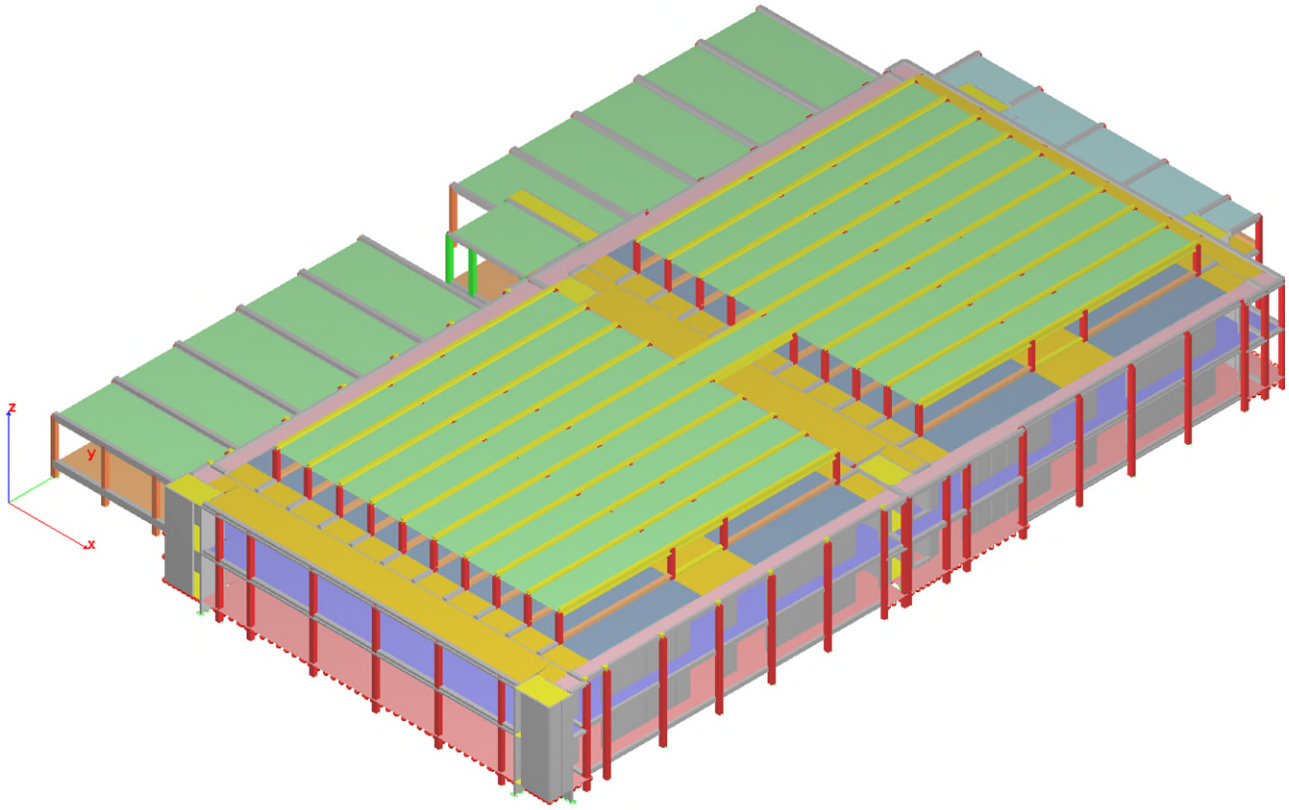


Figura 9: Modello tridimensionale agli elementi finiti (Vista unifilare strutture prefabbricate).

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

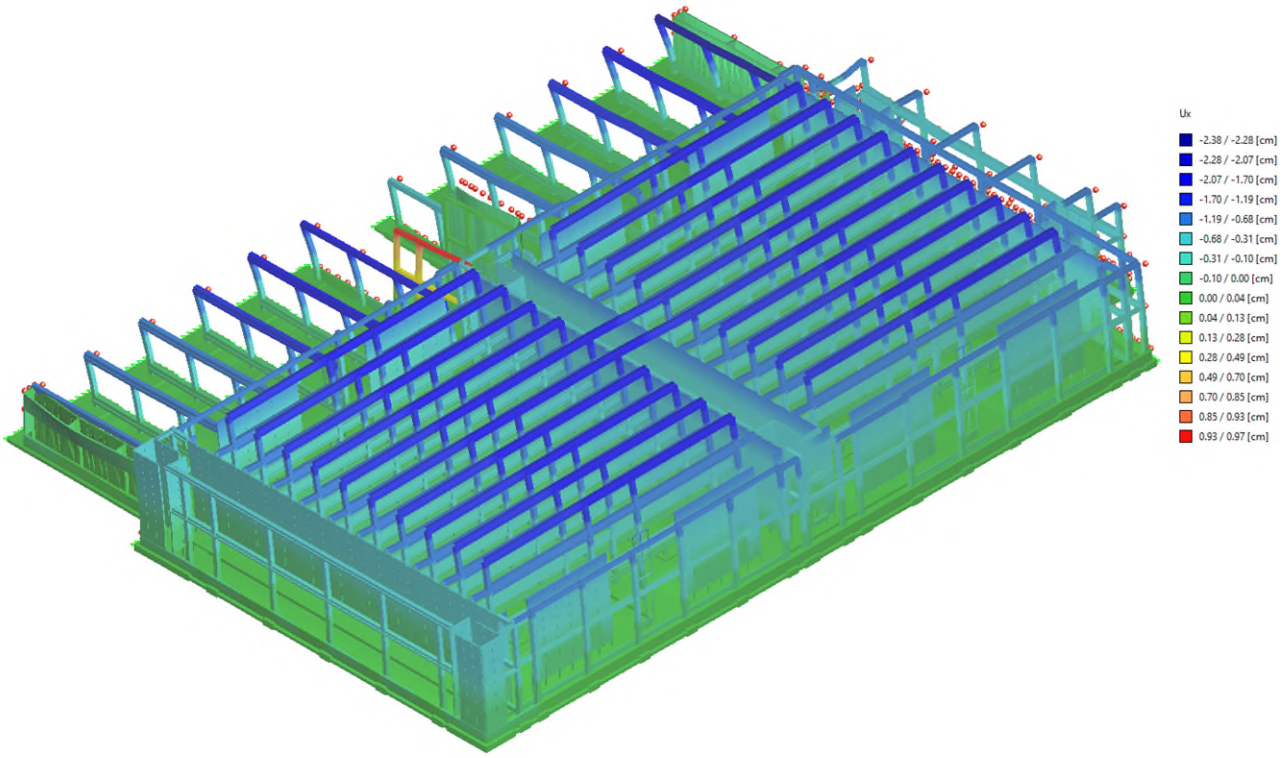


Figura 10: Configurazione deformata per la combinazione sismica SLD X.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

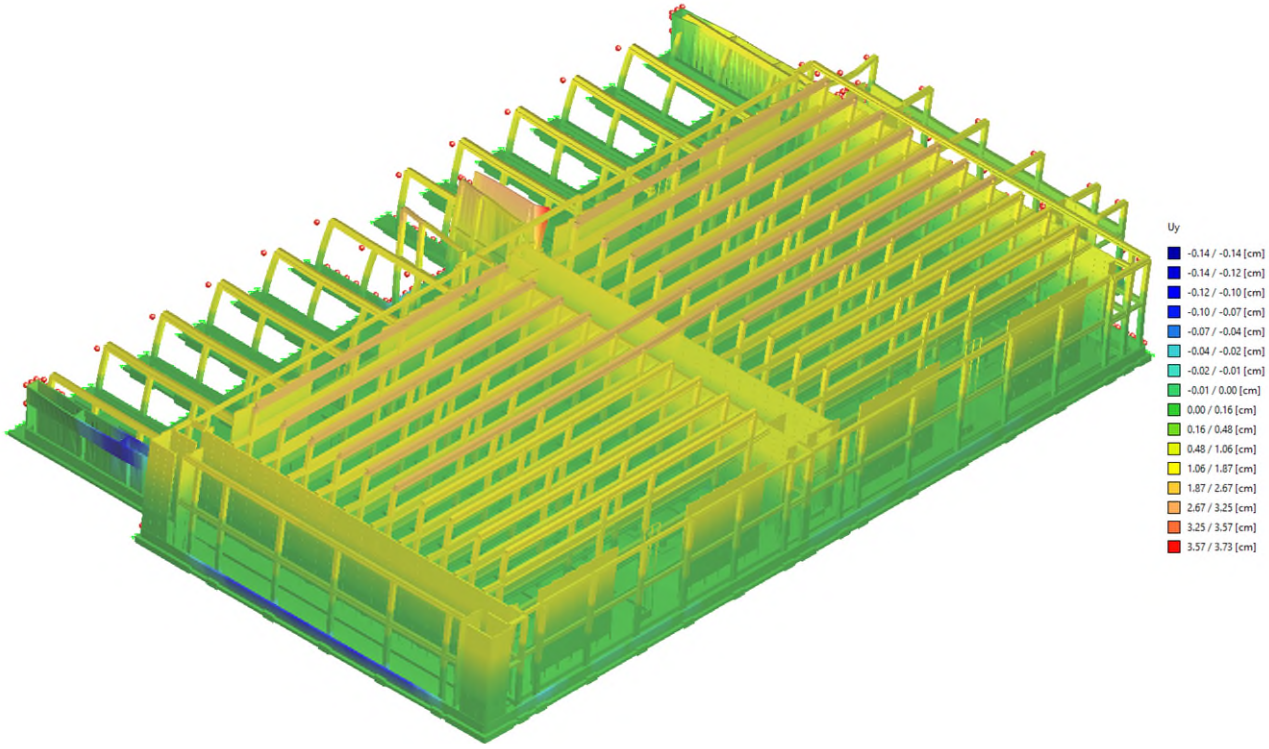


Figura 11: Configurazione deformata per la combinazione sismica SLD Y.

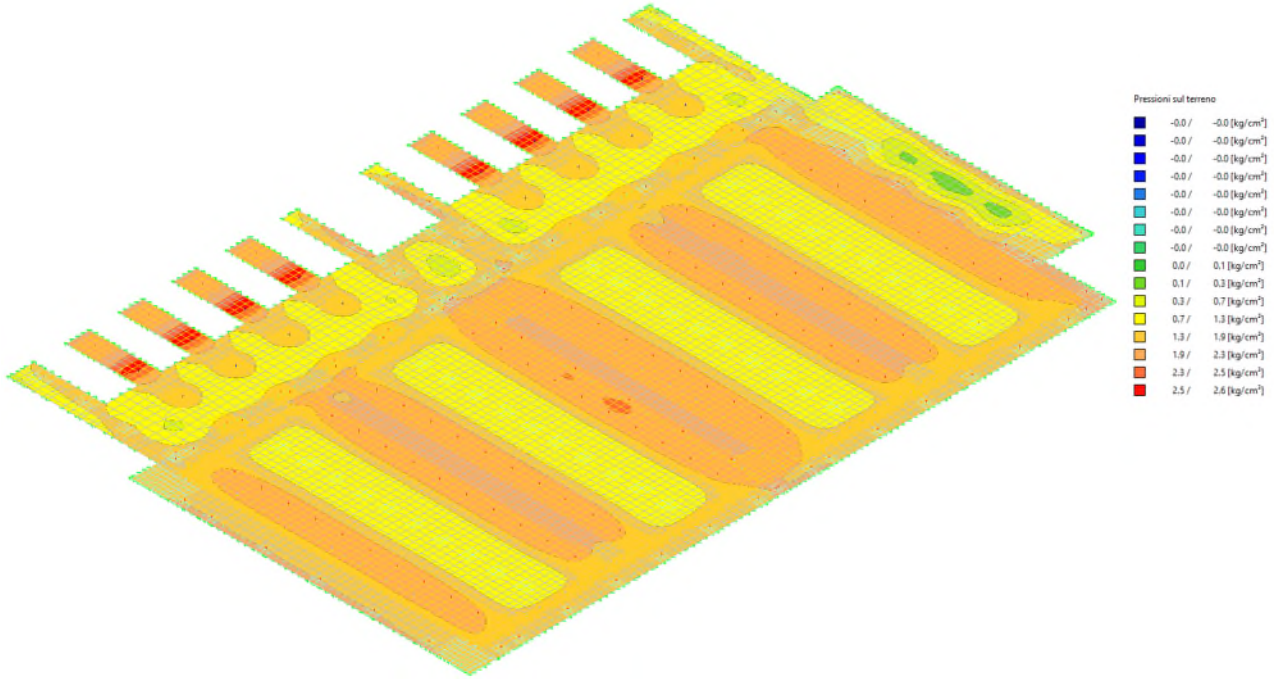


Figura 12: Diagramma delle pressioni sul terreno.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

3.2 Valutazione della capacità portante del terreno di fondazione (SLU-GEO)

Le verifiche di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO) sono state eseguite con il software CARL dell'Aztec Informatica, in condizioni drenate (lungo termine) alla luce della natura del terreno presente in sito, seguendo l'*Approccio 2* (A1+M1+R3).

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche di carattere geotecnico:

Portanza Verticale

Q_{ult} = 41,49 kg/cmq
Q_d = 18,04 kg/cmq
P_{ult} = 8402334,54 kg
P_d = 3653188,93 kg
V_{fond} = 526500,00 kg
η_{vert} = 6,94 (Fs = 2,30)

Coefficienti capacità portante			Fattori per effetto del sisma		
N_c=46,12	N_q=33,30	N_γ=37,15	H_{cf} = ---	H_{qf} = ---	H_γ = ---
Fattori di forma			Indice rigidezza		
s_c= 1,74	s_q= 1,37	s_γ=1,37	I_r= 3254,55	$I_{r\ crit}$=119,30	
Fattori di profondità			Fattori di punzonamento		
d_c= 1,24	d_q= 1,12	d_γ=1,12	Ψ_c=1,00	Ψ_q=1,00	Ψ_γ=1,00
Fattori inclinazione del carico			Fattori riduzione eccentricità (Bowles)		
i_c= 1,00	i_q= 1,00	i_γ=1,00	R_{ex}= 1,00	R_{ey}= 1,00	
Fattori inclinazione piano di posa			Contributi portanza		
b_c= 1,00	b_q= 1,00	b_γ=1,00	Termine coesivo	= 0,00 kg/cmq	
Fattori inclinazione del pendio			Termine sovraccarico	= 25,72 kg/cmq	
g_c= 1,00	g_q= 1,00	g_γ=1,00	Termine peso di volume	= 15,77 kg/cmq	

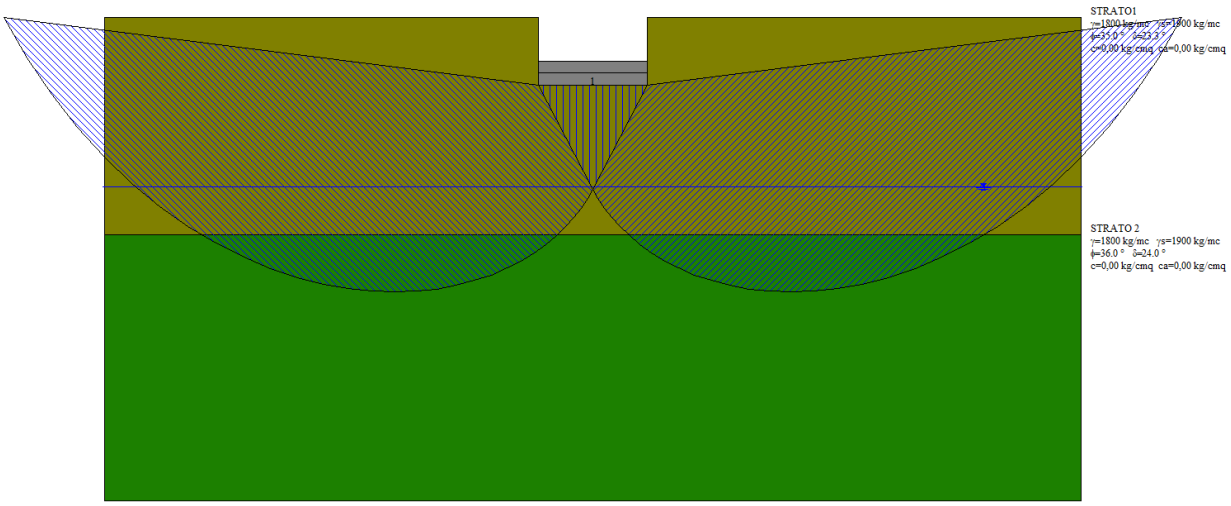


Figura 13: Valutazione della portanza del terreno di fondazione.

Il valore della capacità portante di progetto risulta pertanto pari a:

$$q_d = 41,49/2,3 = 18,04 \text{ kg/cmq}$$

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

Si riporta di seguito la vista delle pressioni trasmesse al terreno di fondazione per la combinazione inviluppo SLU/SLV:

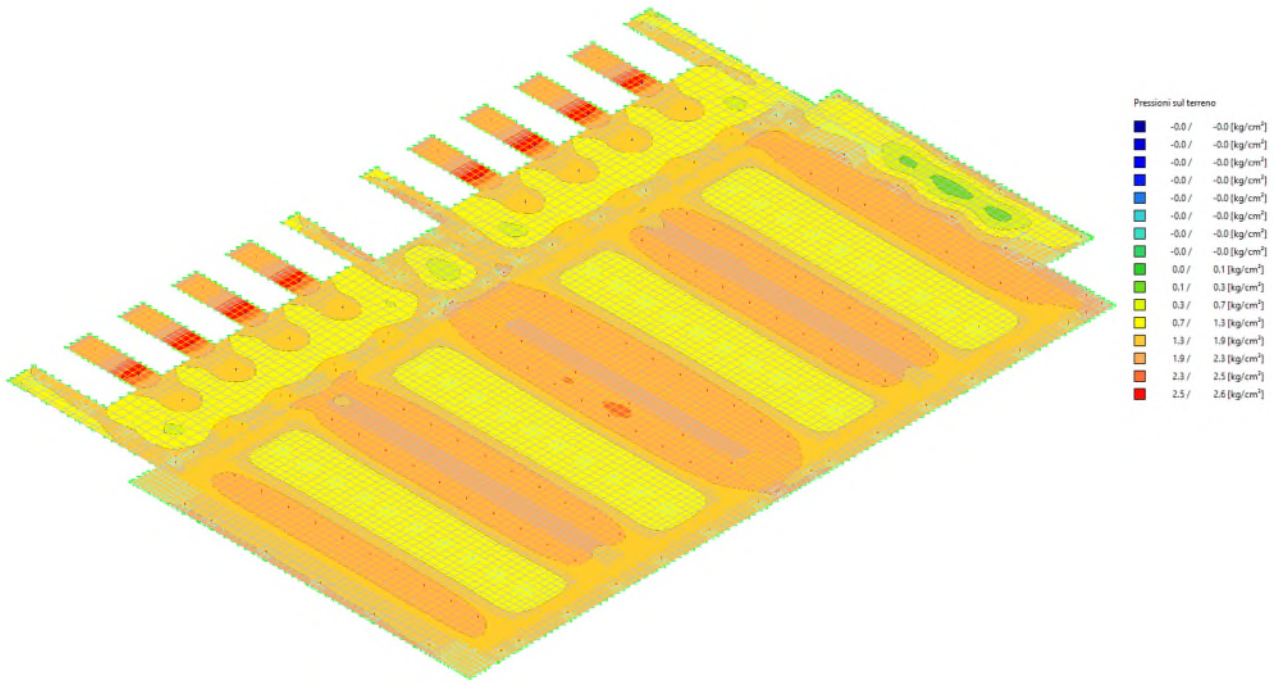


Figura 14: Diagramma delle pressioni sul terreno.

Come si vede le pressioni trasmesse al terreno di fondazione risultano inferiori alla capacità portante di progetto. La verifica risulta pertanto soddisfatta.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

3.3 Valutazione dei cedimenti attesi del terreno di fondazione (SLE-GEO)

La valutazione dei cedimenti del terreno di fondazione sotto i carichi di esercizio (SLE-GEO) sono state eseguite con il software CARL dell'Aztec Informatica, in condizioni drenate (lungo termine) alla luce della natura del terreno presente in sito, seguendo l'*Approccio 2* (A1+M1+R3).

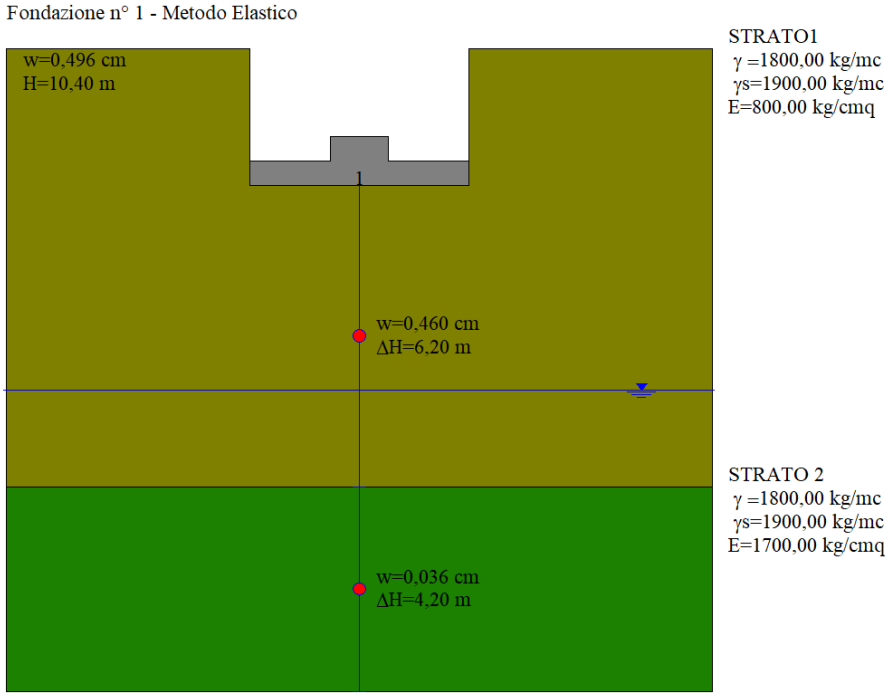


Figura 15: Cedimenti massimi sotto i carichi di esercizio SLE.

Il cedimento massimo sotto i carichi di esercizio risulta pertanto pari a:

$$W_{SLE} = 0{,}496 \text{ cm}$$

<u>Cedimento compatibile con i requisiti prestazionali richiesti</u>.

Al fine di valutare i cedimenti differenziali delle opere di fondazione, si riporta di seguito la vista dei cedimenti elastici della platea in opera:

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

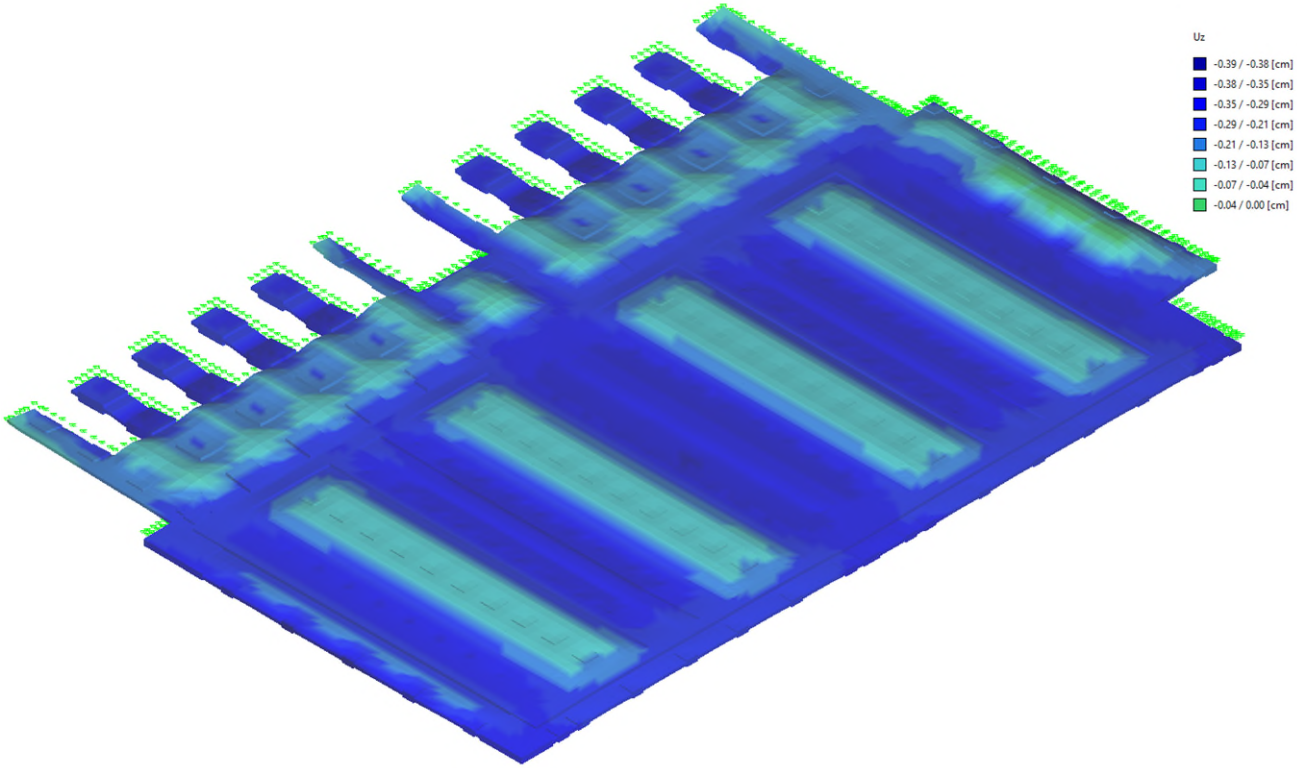


Figura 16: Deformata elastica della platea di fondazione.

Il massimo cedimento differenziale risulta pertanto pari a:

$$\Delta w_{max} = 0{,}39 - 0{,}04 = 0{,}35 \text{ cm}$$

Cedimento compatibile con i requisiti prestazionali richiesti.

<u>Tutte le verifiche risultano pertanto soddisfatte</u>.

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.

4 Conclusioni

Come si può osservare dalle verifiche precedentemente riportate, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Diego Serafini
Ingegnere
03.11.2025
10:06:52
GMT+01:00

PROPERTY OF DBA S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA S.p.A.